

НАТУРНІ ВИПРОБУВАННЯ МОНОЛІТНИХ ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

© Думич І.Ю., Сало В.Ю., Балаян Н.О., 2010

Наведено результати натурних випробувань цементобетонних покриттів на різних основах при дії рухомого навантаження.

Ключові слова: цементобетонне покриття, статичні прогини, амплітуди коливань, частоти коливань.

In this article given the results of field tests of cement coatings on various bases under the action of rolling load.

Keywords: cement coating, static deflection, amplitude, frequency fluctuations.

Постановка проблеми. Лабораторними випробуваннями моделей плит встановлено значний вплив основ із матеріалів, укріплених цементом, на витривалість цементобетонних покриттів при різних співвідношеннях товщини плит основ і покриттів. Встановлено також вплив нежорстких прошарків між плитами покриттів і основ на напружено-деформований стан покриттів за дії повторних динамічних навантажень. Досліджена робота бетонних покриттів на цементно-ґрунтових основах, влаштованих за типом об'єднаної плити, тобто без будь-яких прошарків, і доведена їх висока несуча здатність. Відкритим є питання про температурне тріщиноутворення в таких конструкціях і дослідити його можна тільки в натурних умовах. Натурні випробування були виконані в натурних умовах на експлуатованих покриттях при дії рухомого автомобільного навантаження (КРАЗ-256Б).

Мета роботи. Основні завдання натурних випробувань полягали у визначенні статичних і динамічних прогинів, а також частот вимушених коливань плит покриттів під час руху автомобіля з різними швидкостями і власних коливань при гальмуванні автомобіля.

Результати досліджень. Натурні випробування виконувались на Львівській кільцевій дорозі й автомобільній дорозі Київ–Чоп. Випробування виконували на чотирьох конструкціях цементно-бетонних покриттів.

1. Покриття товщиною 22 см на піщаній (ґрунтовій) основі. Розміри плит в плані 3,5 × 7,0 м (львівська кільцева дорога).

2. Покриття товщиною 22 см на основі з піщано-гравійної суміші. Розміри плит у плані 3,75 × 7,5 м (львівська кільцева дорога).

3. Покриття товщиною 24 см на гравієцементній основі 16 см з вирівнювальним прошарком з чорного піску завтовшки 5 см. Розміри плити в плані 3,75 × 7,0 м (автодорога Київ–Чоп).

4. Покриття дослідної ділянки завтовшки 20 см на гравієцементній основі 20 см без прошарку. Розміри плити в плані 3,75 × 7,0 м (автодорога Київ–Чоп).

Вимірювання статичних прогинів бетонних покриттів виконували за допомогою прогиномірів балочної конструкції встановленням їх на узбіччі. Автомобіль КРАЗ-256 Б масою 24 т (навантаження на задні осі – 18 т) розміщався на плиті симетрично до поздовжньої осі і після встановлення прогиномірів з'їжджав з швидкістю 2 км/год. Прогини заміряли посередині вільного краю плити (поз. № 1) і в куті плити (поз. № 7).

Амплітуди і частоти коливань покриттів фіксували вібримірювальним приладом ВІП-2 на позиціях № 1 і № 7, а також посередині защемленого краю плити (поз. № 3) під час руху автомобіля з трьома різними швидкостями – 30, 50 і 70 км/год.

Натурні випробування завжди відрізняються значними відхиленнями вимірюваних величин від середнього результату. І все ж серед багатьох випадкових факторів, що впливають на величину статичних і динамічних прогинів (амплітуд коливань) бетонних покриттів, можна виділити головні: товщини плит покриттів й укріплених цементом основ, модулі пружності бетону, гравієцементу і земполотна. А тому при наших випробуваннях на кожній ділянці були вибрані п'ять-шість плит з приблизно рівними вищевказаними параметрами, величину яких встановлювали натурними замірами. Відхилення вимірюваних величин оцінювали коефіцієнтом варіації, що був не більшим за 0,15 для статичних прогинів і не більшим за 0,08 для динамічних. Як при лабораторних, так і при натурних випробуваннях було встановлено, що динамічні прогини стабільніші, ніж статичні. Це свідчить про те, що миттєво прикладувані навантаження (рухомі) сприймаються переважно покриттям і основою і меншою мірою земполотном. Зате воно дуже чутливе до статичних навантажень. Всі відхилення вимірюваних прогинів є результатом, як правило, неоднорідності верхніх шарів земполотна.

У табл. 1 наведені значення статичних прогинів чотирьох типів натурних покриттів від навантаження 180 кН (дві задні спарені осі автомобіля КРАЗ-256 Б).

Таблиця 1

Значення статичних прогинів натурних покриттів на різних основах

<i>Конструкція бетонного покриття</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Прогини середини вільного краю плити (поз. № 1), мм	0,16	0,15	0,06	0,07
Прогини кута плити (поз. № 7), мм	0,23	0,22	0,07	0,08

У табл. 2 наведені середні амплітуди і частоти коливань плит покриттів при русі автомобіля КРАЗ-256 Б з різними швидкостями.

Таблиця 2

Середні амплітуди і частоти коливань плит покриттів

Конструкція покриття	Вимірювані величини	Позиція встановлення давача	Швидкість руху автомобіля, км/год		
			30	50	70
1	Амплітуда, мм	1	0,015	0,025	0,048
		3	0,006	0,011	0,025
		7	0,039	0,053	0,092
	Частота, Гц	1,3,7	13,3	16,5	20,0
2	Амплітуда, мм	1	0,012	0,020	0,038
		3	0,005	0,010	0,021
		7	0,033	0,045	0,078
	Частота, Гц	1,3,7	13,0	15,8	19,0
3	Амплітуда, мм	1	0,005	0,009	0,016
		3	0,003	0,006	0,014
		7	0,006	0,011	0,018
	Частота, Гц	1,3,7	13,8	15,0	17,6
4	Амплітуда, мм	1	0,003	0,005	0,009
		3	0,002	0,004	0,008
		7	0,003	0,006	0,010
	Частота, Гц	1,3,7	12,1	13,0	14,6

Аналіз результатів, наведених в табл. 1 і в табл. 2, показує, що статичні прогини покриттів на неукріплених основах приблизно в 1,5–2,0 рази, а амплітуди коливань у 2–3 рази більші, ніж для покриттів на гравієцементних основах. Для покриттів на ґрунтових і гравійних основах прогини і амплітуди коливань кута плити приблизно в 1,4–1,9 рази більші від тих самих показників для

середини вільного краю плити (поз. № 1). Для покриттів на укріплених цементом основах ця різниця незначна, приблизно 10–15 %. Це означає, що від’ємні згинальні моменти незначні для покриттів на укріплених основах.

Як амплітуди, так і частоти вимушених коливань покриттів на будь-яких основах залежать від швидкості руху автомобіля. Чим більша швидкість і відповідно менший час прикладання навантаження, тим більший динамічний ефект.

Залежність амплітуд від швидкості руху автомобіля для різних типів покриттів можна виразити емпіричними формулами, отриманими з використанням результатів натурних випробувань.

Для покриттів на неукріплених основах:

$$A = 0,87 \times 10^{-4} \times V^{1,6}. \quad (1)$$

Для покриттів на укріплених цементом основах за наявності нежорсткого прошарку між плитами покриття і основи:

$$A = 0,28 \times 10^{-4} \times V^{1,5}. \quad (2)$$

Для покриттів на укріплених цементом основах без будь-яких прошарків (об’єднана плита):

$$A = 0,18 \times 10^{-4} \times V^{1,4}. \quad (3)$$

У наведених формулах швидкість руху автомобіля виражена в км/год, а амплітуди – в міліметрах. Формули справедливі для вільного краю плити покриття.

Якщо амплітуди коливань покриттів на будь-яких основах зростають приблизно в 3 рази при збільшенні швидкості автомобіля з 30 км/год до 70 км/год, то частоти змінюються за складнішими законами. Для покриттів на ґрунтових і гравійних основах частоти вимушених коливань збільшились в 1,8–1,9 рази, а для покриттів на укріплених цементом основах – всього на 10–15 %. У цьому випадку стабільність частоти покриття пояснюється ефектом самозбудження, коли коливальна маса впливає на частоту джерела коливань.

У покриттях на неукріплених основах, де ефективна коливальна маса приблизно вдвічі менша, ніж на укріплених, і частота вимушених коливань зростає зі збільшенням швидкості автомобілів, існує висока імовірність виникнення дробового резонансу. Такий резонанс виникає, якщо частота вимушених коливань покриття у цілу кількість разів (наприклад, вдвічі) менша від частоти власних коливань [1].

У покриттях на гравісцементних основах за наявності нежорсткого прошарку (тип № 3) коливаються дві ефективні маси – плити покриття та основи – з двома різними власними частотами. У таких конструкціях, залежно від товщини нежорсткого прошарку, що істотно впливає на величину власних частот коливань покриття й основи, можливий внутрішній дробовий резонанс, якщо відношення власних частот покриття та основи – це ціле число, наприклад 2. Ці явища були встановлені під час лабораторних випробувань. Безумовно, у натурних умовах динамічна дія від рухомих транспортних засобів менша, ніж це було створено в лабораторії за допомогою потужної віброустановки. Але, як показують натурні випробування, динамічні прогини покриттів на гравісцементних основах з нежорстким прошарком в 1,5–2,0 рази більші, ніж прогини аналогічних покриттів без будь-яких прошарків.

Висновки. Натурні випробування цементобетонних покриттів на експлуатованих автомобільних дорогах різних термінів служби підтвердили значний вплив на несучу здатність покриттів основ із матеріалів, укріплених цементом. З аналізу результатів випробувань випливає, що 1 см товщини покриття рівносильний 2 см товщини гравісцементної основи за умови, що відношення товщин плит покриття та основи близьке до одиниці. Найбільшу несучу здатність мають покриття на укріплених цементом основах без будь-яких прошарків між плитами покриття та основи.

1. *Закржевский М.В. Колебания существенно-нелинейных упругих систем. – Рига: Зинатис, 1980. – 192 с.*